

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



Extracción de aceite de la semilla de guanábana (*Annona muricata L*) a nivel de laboratorio, aplicando los métodos de extracción soxhlet y arrastre con vapor de agua

TRABAJO DE DIPLOMA

PRESENTADO POR:

Br. José Bayardo Martínez López

Br. Germán Antonio Zúniga Herrera

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

TUTOR

MSc. José Canales Mairena

Managua 30 de Agosto 2018

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo monográfico primeramente a Dios por habernos permitido llegar hasta este punto; darnos salud, confianza, perseverancia, sabiduría y fe.

A nuestros familiares y amigos que nos apoyaron con su ayuda, consejos y optimismo para seguir adelante a pesar de las dificultades cotidianas de nuestra vida por sus deseos de buena voluntad y confianza mostrada en nosotros.

A nuestro tutor por lograr nuestros objetivos propuestos, además de su tiempo y empeño mostrado hacia nosotros en cada aspecto del trabajo, brindarnos los conocimientos necesarios y apoyo moral incondicional como nuestro amigo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos de vida, sus valores, por la motivación constante que nos han permitido ser unas personas de bien, pero más que todo, por su amor incondicional.

A nuestro tutor por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales, por su apoyo ofrecido en este trabajo, por habernos guiado en el transcurso de la elaboración de nuestro trabajo monográfico.

A los responsables de los laboratorios, Juan Manuel Alonso Santos, Onel Morales y Mauricio Gutiérrez Solís, en los que realizamos las prácticas de laboratorio del trabajo monográfico, por su tiempo y su amabilidad en el trato personal.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue la extracción de aceite a partir de las semillas de guanábana, utilizando dos diferentes métodos de extracción como el método de arrastre con vapor de agua y el método de extracción soxhlet con hexano. La variable que se consideró fue el tamaño de la semilla, la cual varió de 2.36 mm a 15 mm para ambos métodos de extracción, que se trabajaron con los solventes a sus temperaturas de ebullición, 69 y 100 °C para el hexano y el agua respectivamente. Bajo estas consideraciones, se compararon los resultados obtenidos para determinar el método de extracción más eficiente.

Se realizaron cuatro corridas experimentales bajo las diferentes condiciones de tamaño en cada uno de los diferentes métodos, determinándose que por el método de arrastre con vapor de agua con muestras de 200 g se obtuvo 0.20% de aceite en las semillas de guanábana triturada (2.36 mm) y 0.02% de aceite en las semillas de guanábana sin triturar (15 mm), en las condiciones de 100°C y tiempo de cuatro horas.

En el método de extracción soxhlet utilizando como disolvente hexano, con 400 ml por cada una de las cuatro corridas experimentales, con tiempo de cuatro horas y con muestras de semillas de 50 g, con tamaño de 15 mm, sin triturar se obtuvo un rendimiento de 0.4% del soluto, debido a las características físicas de las semillas de guanábana, el área de contacto con el disolvente fue mínima.

En las muestras de 50 g con semilla triturada a 2.36 mm de diámetro y con tiempo de cuatro horas, se obtuvieron mejores rendimientos hechos que se confirman con antecedentes de estudios similares, el rendimiento de aceite fue de un 22.5% de acuerdo a los datos obtenidos en el proceso de extracción Soxhlet.

Al aceite obtenido por el método de extracción soxhlet se le realizó una serie de análisis físicos y químicos con los siguientes resultados: el aceite presentó una densidad absoluta de 0.9068 g/ml y densidad relativa de 0.9095 [-], índice de yodo de 24.53 g de yodo absorbidos por gramo de aceite, índice de saponificación de 217.39 mg de KOH por gramo de aceite, índice de acidez de 3.366 en porcentaje de ácido oleico e índice de peróxido de 1.73 miliequivalentes de peróxido por Kg de aceite.

El método de arrastre con vapor no se obtuvo el rendimiento esperado por lo cual no fue posible determinar la composición física y química del aceite por el método en cuestión.

INDICE

CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
III. MARCO TEORICO.....	3
3.1. Descripción de la <i>Annona muricata</i> L. (guanábana)	3
3.2. Descripción botánica de la planta.....	3
3.3. Composición química de la semilla de guanábana.....	4
3.4. Propiedades medicinales de la Guanábana	4
3.5. Caracterización de aceites presentes en la semilla de guanábana	5
3.6. Estudios realizados en la semilla de guanábana.....	7
3.7. Método de extracción por arrastre con vapor de agua.	8
3.8. Ventajas y Desventajas del Método por Arrastre con Vapor.....	9
3.9. Método de extracción soxhlet.....	10
3.10. Ventajas y Desventajas del Método de extracción Soxhlet	11
3.11. Parámetros físicos y químicos a valorar en aceite de <i>Annona muricata</i> L.	12
3.12. Art. Científico: Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de “almendra” de guanábana (<i>Annona muricata</i> , L)	13
3.13. Propiedades Fisicoquímicas y Composición del AAG	13
IV. DISEÑO METODOLOGICO	15
4.1. Procesamiento de la semilla de <i>Annona muricata</i> L. Antes de la extracción	15
4.2. Proceso recepción de las semillas de guanábana.....	15
4.3. Proceso de selección de las semillas de guanábana	15
4.4. Proceso de lavado de las semillas de guanábana.....	15

4.5.	Proceso de secado de las semillas de guanábana.....	15
4.6.	Proceso de pesado de las semillas de guanábana	15
4.7.	Proceso de reducción de tamaño de las semillas de guanábana	16
4.8.	Método de extracción Soxhlet.	16
4.9.	Método de extracción con Arrastre de Vapor	17
4.10.	Método del picnómetro determinación de densidad absoluta y relativa.	17
4.11.	Determinación del índice de acidez	18
4.12.	Determinación del índice de saponificación	19
4.13.	Determinación del índice de peróxido	19
4.14.	Determinación del índice de yodo	20
V.	RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	21
5.1.	Resultados obtenidos con el método de extracción Soxhlet.....	21
5.2.	Resultados obtenidos en el método de extracción arrastre con vapor de agua	22
5.3.	Análisis químico de aceite de guanábana	22
5.4.	Análisis físico de densidad del aceite	24
5.5.	Análisis comparativo entre los aceites obtenidos.	24
VI.	CONCLUSIONES.....	26
VII.	RECOMENDACIONES	27
VIII.	NOMENCLATURA	28
IX.	BIBLIOGRAFIA	29
X.	ANEXO	32

Lista de tablas.	Pág.
Tabla 3.1. Composición nutricional del fruto de la guanábana por cada 100 gramos de fruta fresca	3
Tabla 3.2. Ácidos grasos presentes en el aceite de la semilla de guanábana...	5
Tabla 3.3. Análisis de cromatográfico de gases.....	14
Tabla 5.1. Rendimiento de aceite por el método extracción Soxhlet.....	21
Tabla 5.2. Rendimiento de aceite de extra por arrastre con vapor de agua.....	22
Tabla 5.3. Índice de yodo.....	23
Tabla 5.4. Índice de peróxido.....	23
Tabla 5.5. Índice de saponificación.....	23
Tabla 5.6. Índice de acidez.....	23
Tabla 5.7. Análisis físicos de densidad relativa y densidad absoluta.....	24
Tabla 5.8 Análisis fisicoquímicos comparativos.....	24

Lista de ecuaciones.	Pág.
Ecuación 4.1. Densidad absoluta.....	18
Ecuación 4.2. Densidad relativa.....	18
Ecuación 4.3. Índice de acidez.....	18
Ecuación 4.4. Índice de saponificación.....	19
Ecuación 4.5. Índice de peróxido.....	20
Ecuación 4.6. Índice de yodo.....	20

Lista de figuras.

Figura 10.1. Equipo de extracción Soxhlet.....	32
Figura 10.2. Arrastre con vapor de agua.....	32
Figura 10.3. Equipo de tamizado	33
Figura 10.4. Equipo rotavapor.....	33
Figura 10.5. Embudo decantador.....	34
Figura 10.6. Semillas de guanábana.....	34
Figura 10.7. Tamaño de semilla entera.....	35
Figura 10.8. Peso de semilla entera.....	35
Figura 10.9. Peso de 50gr de semilla.....	36
Figura 10.10. Peso de 200 gr de semilla.....	36
Figura 10.11. Peso de 2 gr de aceite.....	37
Figura 10.12. Picnómetro con aceite.....	37
Figura 10.13. Peso picnómetro vacío.....	38
Figura 10.14. Peso picnómetro con agua.....	38

I. INTRODUCCIÓN

La guanábana, cuyo nombre científico es *Annona muricata* L, es un árbol originario de la región tropical de América, en Nicaragua, solamente se le conoce como un fruto común y tradicional que se adquiere en mercados populares y se consume ya sea directamente como fruto fresco, sin ninguna transformación física o en forma de refrescos naturales, yogurt, mermelada, etc.

Según Redacción Central (2013): “En la actualidad, las autoridades nicaragüenses trabajan para extender este cultivo y elevar la producción, de esta fruta que se halla en huertos y patios familiares para el autoconsumo y exportación, en el pacífico, centro y caribe de nuestro país, principalmente en los departamentos de Boaco, Chontales, Zelaya Central y la RAAS”

En Nicaragua no hay trabajos monográficos relacionados al estudio del aceite de la semilla de guanábana a excepción de Colombia y México, en los que sobresalen algunas investigaciones como: Estudio cromatógrafo comparativo de los ácidos grasos en semilla de *annona Chirimolia* y *Annona muricata* L. Evaluación fisicoquímica de la fracción lipídica de la semilla de guanábana (*Annona muricata* L) y la chirimoya (*Annona Chirimolia*) y el documento denominado: Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de “almendra” de guanábana (*Annona muricata*, L), este último utilizado para comparar los resultados de los análisis químicos del aceite obtenido.

De acuerdo con Restrepo J. (2010): “A pesar que varios estudios muestran que las anonáceas tienen efectos farmacológicos benéficos, por ejemplo, contra algunos tipos de cáncer, parece que la semilla no tuviera mayor utilidad, no obstante, esta investigación muestra que poseen un contenido de aceite (22%) similar a la semilla de algodón (23%), la soya (18%) y más alto que el maíz (5%).”

Según Ocampo (2007): “Actualmente las redes sociales y páginas de internet entre otros medios de información escrita, han divulgado las propiedades benéficas del aceite de guanábana en la dieta del consumidor y esto ha despertado el interés por buscar la manera de aprovechar las semillas que se desperdician, por considerarse desechos.”

En este trabajo se pretende obtener aceite a partir de semillas de guanábanas, por medios de extracción soxhlet y arrastre con vapor de agua a nivel de laboratorio en el que se evaluará el rendimiento de obtención de aceite de guanábana, así como algunas propiedades física y química, para determinar su calidad. Estos análisis físicos y químicos son de gran importancia porque de esta manera se puede medir un valor a nivel experimental

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Determinar el rendimiento y la calidad del aceite extraído a partir de la semilla de guanábana (*Anona muricata* L) mediante el método soxhlet y arrastre con vapor de agua, para semillas triturada y sin triturar.

2.2. Objetivos específicos

- Cuantificar el rendimiento de la extracción de aceite de guanábana por método soxhlet usando hexano y arrastre con vapor de agua considerando las semillas trituradas y sin triturar
- Caracterizar el aceite obtenido mediante la determinación de los parámetros físicos (densidad) y químicos (índice de acidez, índice de yodo, índice de saponificación e índice de peróxido) con ensayos de laboratorio.
- Realizar un análisis comparativo de las características fisicoquímicas del aceite extraído con respecto a las reportadas en el documento científico Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de “almendra” de guanábana (*Annona muricata* L).

III. MARCO TEORICO

3.1. Descripción de la *Annona muricata* L. (guanábana)

El fruto es un sincarpio grande de forma ovoide, acorazonada o irregular, de color verde oscuro que pesa entre 2 y 7 Kg. La cáscara es débilmente coriácea, erizada de espinas carnosas y de sabor amargo. Su pulpa es blanda, de color blanco, muy jugosa, con suave aroma, agradable sabor (agridulce) y gran contenido de semillas de forma ovoide. Es una fruta con grandes propiedades alimenticias y medicinales.

Tabla 3.1. Composición nutricional del fruto de la guanábana por cada 100 gramos de fruta fresca.

COMPUESTO	CANTIDAD
Calorías	53.1 – 61.3 J
Agua	82,800 mg
Carbohidratos	14,630 mg
Grasas	970 mg
Proteínas	1,000 mg
Fibra	790 mg
Cenizas	600 mg
Calcio	10.3 mg
Fósforo	27.7 mg
Hierro	0.64 mg
Tiamina	0.11 mg
Riboflavina	0.05 mg
Niacina	1.28 mg
Ácido ascórbico	29.6 mg

Tomado de: Purdue University (USA). Fruits of warm climates. Julia F. Morton, Miami, L.

3.2. Descripción botánica de la planta

Según Soplín (2015): “la guanábana es un árbol erecto, con ramas bajas que puede alcanzar hasta 10 metros de altura. Posee un follaje compacto, con hojas simples, grandes, brillantes y de color verde oscuro. Las flores son bisexuales solitarias o en pares, en tallos cortos que brotan en el tronco, o en cualquier rama, el cáliz con 3 sépalos diminutos y la corola con 6 pétalos de color amarillo. Las flores solitarias en las axilas de las hojas tienen alrededor de 2.5 cm de largo con pedúnculos cortos. El fruto es una baya de forma acorazonada u ovoide, puede alcanzar hasta 40 cm de largo con un peso entre 2 y 4 kilos.

La cáscara es de color verde oscuro brillante, que se vuelve verde mate cuando está madura y está cubierta de espinas. La pulpa es blanca y jugosa de sabor agri dulce, aromático, de color blanco o algo amarillento con sabor ácido-agri dulce. El fruto alberga en su interior numerosas semillas de color negro que se desprenden fácilmente.

Las semillas son de forma ovoide, una por cada uno de los frutos individuales agregados en el centro del fruto, son reniformes, de 2-1 cm y de color amarillo pardusco. Las semillas de esta fruta, contienen alcaloides y no alcaloides que son materia prima para la extracción de aceite.”

3.3. Composición química de la semilla de guanábana

Según Álvarez (2010): “Componentes químicos de la semilla de guanábana (por cada 10mg): Lactonas, Annonomicina, Annonomicina, Annonacina, Annonomicatina, Annonacinona, Javoricina, Annonomicatina (proteína), Ácido linoleico (lípidos), Ácido oleico, Ácido alfa linoleico, Ácido esteárico, Bullatacin, Bullatacinone, Muricoreacin, Murihexocin C, Annonomicin A, Annonomicin B, Muricatocin A Muricatocin C y Muricapentocin.

3.4. Propiedades medicinales de la Guanábana

Según la Revista Nutrilive S.A (2013), la guanábana posee características medicinales como:

Antitumoral: por el efecto activo contra las células inactivas o de origen tumoral (al no tener capacidad de morir estas células se aglomeran y van formando los cálculos o tumores) actúa disminuyendo paulatinamente su calcificación hasta hacerlos desaparecer, lo que requiere tiempo, al ir por cada uno de nuestros sistemas, mejorándolo y purificándola.

Antidiabético: por su potente acción en la sangre ayuda a eliminar los excesos de glucosa. Colabora a normalizar el jugo y enzimas pancreáticas.

Anti-inflamatorio: endocrinológico y hepático, por su extenso poder desinflamatorio al liberarse por la sangre, es excelente para el sistema endocrino, normalizando la producción de hormonas en las diferentes glándulas de nuestro cuerpo, sea en el sistema nervioso, inmunológico y reproductor (ovarios y próstata); en el hígado, los riñones, el estómago, combate la gastritis y úlceras.

Anti diarreico: por su potente acción insecticida elimina las bacterias que provocan las diarreas, es mucho más efectiva que un antibiótico y actúa sin perjudicar la flora intestinal, al ser 100% natural. Semillas y hojas juntas tienen características

fungicidas, antimicóticas elimina ciertos hongos que producen eritemas (herpes, psoriasis).

Antiparasitarias: por su potente acción insecticida ayuda a eliminar los parásitos, especialmente en los niños.

Digestivo: por su acción relajante, facilita una buena digestión, eliminando los excesos de grasas y triglicéridos en una comida opulenta. Al facilitar la digestión, es excelente cuando se está en quimioterapia.

Diurético: colabora con la eliminación de líquidos, líquidos grasos (que forman el colesterol) y ayuda a eliminar el exceso de ácido úrico y calcificación de las nefronas (células renales).

3.5. Caracterización de aceites presentes en la semilla de guanábana

Tabla 3.2. Ácidos grasos presentes en el aceite de la semilla de guanábana

Ácidos grasos presentes en el aceite de la semilla de guanábana			
Pico	T.R. (min)	Identificación	Cantidad relativa %
1	13,650	Ácido Palmítico	26.6
2	15,600	Ácido Esteárico	5.89
3	15,924	Ácido Oleico	33.47
4	16,590	Ácido Lineleico	27.77
5	17,607	Ácido Linolénico	3.28

Según Cerón, Mora y Hurtado (2012) el ácido palmítico es un ácido graso saturado de cadena larga, formado por dieciséis átomos de carbono. Su nombre químico es ácido hexadecanoico.

Es el principal ácido graso saturado de la dieta, constituyendo aproximadamente un 60% de los mismos. Es el más abundante en las carnes y grasas lácteas (mantequilla, queso y nata) y en los aceites vegetales como el aceite de coco y el aceite de palma.

Es un sólido blanco que se licúa a unos 63,1 °C. Su fórmula química es $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$. Siendo el primer ácido graso que se produce durante la lipogénesis y a partir de él se pueden formar otros ácidos grasos de cadena más larga. Durante el catabolismo, la oxidación total de un mol de ácido palmítico produce en energía química, 129 moles de Adenosín trifosfato (ATP).

Es el ácido graso menos saludable pues es el que más aumenta los niveles de colesterol en la sangre, por lo que es el más aterogénico.

Investigaciones de Calvo (2017) el ácido esteárico es un ácido graso saturado proveniente de aceites, grasas animales y vegetales.

Es un sólido parecido a la cera; su fórmula química es $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$. Su nombre Unión Internacional de Química Pura y aplicada (IUPAC) es ácido octadecanoico. Tiene una cadena hidrofóbica de carbono e hidrógeno.

Se lo prepara tratando la grasa animal con agua a una alta presión y temperatura. También se lo puede obtener de la hidrogenación de los aceites vegetales. Algunas de sus sales funcionan como tenso activos (principalmente de sodio y potasio). Es muy usado en la fabricación de velas, jabones y cosméticos.

El ácido oleico es un tipo de grasa mono insaturada típica de los aceites vegetales como el aceite de oliva, del aguacate, etc. Ejerce una acción beneficiosa en los vasos sanguíneos reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares y hepáticas. Su fórmula química es $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ (o $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$). Su nombre en Unión Internacional de Química Pura y aplicada (IUPAC) es ácido cis-9-octadecenoico, y su nombre de taquigrafía de lípido es 18:1 cis-9 (También existe el isómero trans-9). La forma saturada de este ácido es el ácido esteárico.

El aceite de oliva comprende un 55-80% de ácido oleico y el aceite de semilla de uvas un 15-20%.

El ácido linoleico, cuya semilla es la linaza y ελαια (elaia) aceite de oliva o simplemente aceite) es un ácido graso esencial de la serie omega 6 (ω-6), es decir, el organismo no puede crearlo y tiene que ser adquirido a través de la dieta.

Es un ácido graso poliinsaturado, con dos dobles enlaces: $\text{COOH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$.

Posee una configuración (18:2Δ9,12 [donde el 18 es el número de átomos de carbono, el 2 número de dobles enlaces y las cifras sucesivas al Δ "delta" la posición de los dobles enlaces comenzando a contar desde el extremo carboxílico -COOH de la molécula]) es el precursor de numerosos derivados, que se forman en reacciones de elongación, de saturación o ambas.

El ácido linolénico es un ácido graso esencial omega-3 (el isómero α) u omega 6 (el isómero γ), formado por una cadena de 18 carbonos con tres dobles enlaces en las posiciones 9, 12 y 15.

Su fórmula química estructural es: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$.

3.6. Estudios realizados en la semilla de guanábana

Un estudio realizado por Restrepo (2010) de la semilla se puede extraer aceite luego de someterla a un proceso de secado y molienda.

Luego de moler las semillas, mediante el uso de una tecnología limpia, se mezclaron las partículas, durante cinco horas, con Etanol. También se puede mezclar las partículas con Hexano para separar la fracción lipídica y, finalmente, determinar las cualidades físicas del aceite.

En un estudio de cromatografía de gases para análisis de grasas se encontró que la semilla es muy rica en ácido oleico y en ácido linoleico, nutricionalmente importantes en la dieta alimenticia para humanos.

Este estudio realizado permitió conocer integralmente la guanábana, pues en la mezcla con etanol se extrae un aceite que contiene acetogeninas, sustancias químicamente conocidas como inhibidoras del crecimiento de células tumorales, de parásitos, insectos y microorganismos.

De acuerdo a la Revista Nutrilive S.A (2015), Estudios realizados en 1998 a 2000 por los investigadores el Dr. McLaughlin y Chih Hw, Chui HF han revelado que las acetogeninas son inhibidores del complejo I de la cadena de fosforilación oxidativa con lo cual bloquean la formación de ATP; energía que necesita la célula cancerosa para poner en funcionamiento su bomba mediada por P-glucoproteína, que le permite mantenerse activa. La acetogeninas, también inhiben la ubiquinona-ubiquinona oxidasa, enzima dependiente del NADH que es peculiar en la membrana plasmática de la célula cancerosa. McLaughlin realizó sus investigaciones con las acetogeninas Bullatacin y Bullatacinone.

Un estudio realizado en la Universidad de Pardue en California, demostró que las acetogeninas pueden inhibir selectivamente el crecimiento de células cancerígenas y también inhibir el crecimiento de las células del tumor, resistentes al Adriamycin (droga quimioterapéutica). En otro estudio realizado por científicos de la misma Universidad, se demostró que la acetogeninas de guanábana (graviola) es extremadamente potente teniendo una ED50 (dosis letal 50) de hasta 10 – 9 microgramos por mililitro, resultando tener unas 10,000 veces la potencia del Adriamycin. En el proceso de extracción del aceite también se encuentra un alto porcentaje de fibra en la harina, el aceite obtenido de la semilla de guanábana además de ser una fuente alimenticia presenta un alto poder de viscosidad haciéndolo recomendable para motores a gasolina de dos tiempos como motocicletas, guadañadoras y motores fuera de borda.

3.7. Método de extracción por arrastre con vapor de agua.

Según Otálora (2012) este método por arrastre con vapor de agua permite la separación de sustancias insolubles en agua y ligeramente volátiles de otros productos no volátiles mezclados con ellos.

El arrastre con vapor es un sistema que hace posible la separación de muchas sustancias de puntos de ebullición elevado mediante una destilación a cierta temperatura. Mediante la introducción de vapor directo en dicha carga, se produce la evaporación de los componentes volátiles a una temperatura menor que la correspondiente a sus puntos de ebullición.

Esta técnica consiste en suministrar vapor saturado a una muestra de material orgánico calentando el disolvente que se encuentra en uno de los balones asentado en un trípode hasta su punto de ebullición y conducir a través de una manguera resistente al calor, conectada a un tubo de cristal el vapor hasta la muestra vegetal que se encuentra en otro balón asentado en un segundo trípode y se suministra calor a este otro para mantener el flujo de vapor de manera constante. La extracción funciona debido a que cuando el vapor entra en contacto con el material vegetal, permite que los compuestos oleaginosos, que generalmente poseen un punto de ebullición más bajo que el agua, se vaporicen y sean arrastrados junto con el vapor a través de una manguera conectada a un tubo adaptador de cristal hasta el condensador que funciona a contracorriente y que esta sostenido por soportes universales, donde se condensan el aceite junto con el vapor de agua en forma de gotas y la mezcla es depositada en un embudo decantador donde se deja en reposo para su posterior separación.

La mezcla binaria resultante obtenida en la extracción es conducida al equipo rota vapor para separar el disolvente del soluto mediante destilación utilizando una bomba de vacío y movimiento de rotación, para separar las trazas residuales del disolvente y obtener el aceite de guanábana libre de agua.

Terminada la operación de extracción se deja enfriar el equipo y se procede a desmontar el equipo y limpiar la cristalería utilizada en el laboratorio.

Esta técnica funciona para extraer aceites esenciales en general, pero no para extraer todos los ácidos grasos, además algunos compuestos puedan degradarse con la temperatura de vapor provocando que las células y las estructuras vegetales se rompan y se pierdan compuestos esenciales.

3.8. Ventajas y Desventajas del Método por Arrastre con Vapor

- **Ventajas**

Fácil montaje y operación, bajo costo debido al uso de agua en lugar de otros disolventes.

La cantidad de vapor a utilizar en operaciones industriales se puede controlar fácilmente.

La temperatura de extracción siempre va a ser menor o igual que la temperatura de ebullición del agua a condiciones ambientales.

Pueden obtenerse dos productos de la extracción, el aceite esencial y la lecitina, cuya composición dependerá de la solubilidad de los compuestos en agua.

- **Desventajas**

No todos los extractos oleaginosos se pueden obtener por medio de arrastre con vapor debido a que algunos no son solubles en agua.

Si el producto de interés es de bajo costo, el tiempo de amortización del capital necesario para el montaje a escala industrial puede ser muy largo.

No es una técnica de separación específica, se extrae toda sustancia volátil en el rango de temperatura de operación, esto puede incluir pesticidas o sustancias indeseadas.

No funciona para obtener sustancias duras o muy viscosas como las resinas, ceras etc.

3.9. Método de extracción soxhlet.

Según Núñez (2008) la extracción soxhlet se fundamenta en el siguiente proceso: La colocación del solvente en un balón, la ebullición del solvente que se evapora hasta un condensador a reflujo, el condensado que cae sobre el recipiente que contiene un cartucho poroso con la muestra en su interior, el ascenso del nivel del solvente cubriendo el cartucho hasta un punto en que se produce el reflujo que devuelve el solvente con el material extraído al balón. Se vuelve a producir este proceso la cantidad de veces necesaria para que la muestra quede agotada, lo extraído se va concentrando en el balón del solvente.

Una vez que el equipo soxhlet está armado y abierta el agua del refrigerante, cargado el cartucho con muestra e introducido el solvente, sólo resta encender el calentador hasta la temperatura indicada y comenzar la operación, llegada la temperatura de ebullición del solvente este comienza a evaporarse, luego de ascender hasta el condensador, comienza a condensar debido al refrigerante y a caer en forma de gotas sobre el cartucho.

A medida que el condensado va cayendo sobre el cartucho este comienza a escurrir por la parte inferior del mismo llenando el recipiente de extracción hasta que llega al nivel de la trampa del sifón y succiona, con todo el material disuelto, hacia el balón inferior, el tope del sifón está por encima del cartucho para asegurar que todas las veces el material a extraer quede embebido en el solvente.

Una vez que se ha dado por terminada la operación de extracción, es conveniente esperar un cierto tiempo para que el sistema se enfríe hasta que sea fácil manipularlo.

A continuación, no hay que olvidarse de cerrar el agua de refrigeración para no realizar consumo innecesario, después se desarma el equipo y se extrae el cartucho que está saturado de solvente y se coloca en la campana para que se evapore el disolvente de la muestra.

La mezcla binaria resultante obtenida en la extracción es conducida al equipo rota vapor, para separar el disolvente del soluto mediante destilación utilizando una bomba de vacío y movimiento de rotación, para obtener el aceite de guanábana.

3.10. Ventajas y Desventajas del Método de extracción Soxhlet

Ventajas:

La extracción con Soxhlet presenta grandes ventajas de acuerdo a Ruiz (2011) algunas de estas ventajas son:

- La muestra está en contacto repetidas veces con porciones continuas de disolvente.
- La extracción se realiza con el disolvente caliente, así se favorece la solubilidad de los analitos.
- No es necesaria la filtración después de la extracción.
- La metodología empleada es muy simple.
- Es un método que no depende de la matriz.
- Se obtienen excelentes recuperaciones, existiendo gran variedad de métodos oficiales cuya etapa de preparación de muestra se basa en la extracción con Soxhlet.

Desventajas:

- El tiempo requerido para la extracción normalmente está entre 4-24 horas dependiendo de la cantidad de materia prima agotada.
- La cantidad de disolvente orgánico (200 ml - 400 ml)
- La descomposición térmica de los analitos termolábiles, ya que la temperatura del disolvente orgánico está próxima a su punto de ebullición.
- No es posible la agitación del sistema, la cual podría acelerar el proceso de extracción.
- Es necesaria una etapa final de evaporación del disolvente para la concentración de los analitos.
- Esta técnica no es fácilmente automatizable.

3.11. Parámetros físicos y químicos a valorar en aceite de *Annona muricata* L.

El índice de yodo es un análisis químico que determina la medida de las insaturaciones presentes en los ácidos grasos que conforman un triglicérido (dobles enlaces) y está relacionado con el punto de fusión o dureza y densidad del aceite. Existe relación entre el grado de insaturación y el grado de enranciamiento debido a que los triglicéridos de ácidos grasos que presentan dos o tres dobles enlaces son más sensibles a la oxidación

El índice de saponificación tiene como función conocer, exactamente cuanta sustancia alcalina se requiere para saponificar el aceite que desea utilizar, es expresado como el número de miligramos presentes en un ácido graso libre además ofrece una medida del peso molecular promedio de los triglicéridos que constituye la grasa o aceite. Las grasas y aceites que contienen cadenas cortas consumen más KOH que las que tienen cadenas más grandes.

El índice de acidez es un análisis químico que define los miligramos de KOH necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en un aceite y constituye una medida del grado de hidrólisis de la misma. Este análisis no determina una información concluyente por sí solo, un índice de acidez bajo puede indicar que el aceite está poco hidrolizado o bien que puede estar en su fase inicial de deterioro, en cambio si es demasiado elevado significa que está en una etapa avanzada de deterioro.

Índice de peróxido es un análisis químico que mide el estado de oxidación inicial de un aceite, se mide en miliequivalentes de oxígeno por gramos de aceite. El contenido de peróxidos presentes en el aceite define su estado de oxidación y nos da un parámetro de su tendencia al enranciamiento causada por exposición prolongada al aire, temperatura y acción directa de la luz solar.

Se realizó el análisis físico del picnómetro para determinar la densidad absoluta del aceite de guanábana obtenido y la determinar la densidad relativa del aceite de guanábana y así conocer su densidad con respecto al del agua

3.12. Documento científico: Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de “almendra” de guanábana (*Annona muricata*, L)

Según J. A. Solís-Fuentes, C. Amador-Hernández, Hernández-Medel y M. C. Durán-de-Bazúa (2010), en esta investigación se estudiaron las propiedades fisicoquímicas y el comportamiento térmico, mediante calorimetría diferencial de barrido y termo gravimetría, del aceite extraído de las “almendras” de las semillas de guanábana (*Annona muricata*, L).

En esta investigación se estudiaron las propiedades físico- químicas y el comportamiento térmico, mediante calorimetría diferencial de barrido y termo gravimetría, del aceite extraído de las “almendras” de las semillas de guanábana (*Annona muricata*, L). Los resultados mostraron que las almendras de las semillas de guanábana contienen 2.5% de cenizas, 17.9% de fibra cruda, 15.7% de proteínas, 26.0% de carbohidratos y 37.7% de aceite (base seca). El aceite de las almendras de guanábana mostró una composición con predominio de ácidos grasos insaturados (68.5%) mayoritariamente oleico y linoleico y menores cantidades de palmitoleico y linoleico, principalmente; los ácidos grasos saturados fueron principalmente palmítico y esteárico (31.5%), el índice de refracción fue de 1.468 nD, el valor de saponificación 168.28 KOH/g y de yodo 87.09 yodo/g respectivamente.

El análisis térmico mostró que este aceite inicia su cristalización a 4.5 °C y termina a los 79.0 °C con una entalpía de cristalización de 48.2 J/g y funde en un intervalo que va de 42.4 a 16.9 °C con un máximo de fusión a los 15.4 °C y una entalpía de fusión de 80.5 J/g.

El contenido de grasa sólida (SFC) fue mínimo a temperaturas de refrigeración, manteniéndose líquido y libre de cristales a temperaturas superiores a los 10 °C. El análisis termo- gravimétrico mostró que la descomposición térmica del aceite en atmósfera inerte se inicia a los 380 °C y termina a los 442 °C con un valor máximo en la velocidad de descomposición a los 412 °C, en atmósfera oxidante el aceite inicia su descomposición a los 206 °C, concluye a 567 °C, de acuerdo con las características estudiadas las almendras de las semillas de guanábana tienen un alto contenido de aceite y éste posee características propias de los aceites de mesa.

3.13. Propiedades Fisicoquímicas y Composición del AAG

Los ácidos grasos presentes en el AAG fueron analizados usando cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas adaptando la metodología descrita por Bannan, (1982) y Hendrikse, (1994). El aceite fue convertido en sus correspondientes ésteres metílicos de los ácidos grasos. Éstos fueron disueltos en hexano, separados por una columna cromatográfica empacada y pasados a través del espectrómetro de masas para su identificación.

El aceite de la almendra de guanábana extraído con hexano y purificado de acuerdo, rindió en un líquido ámbar claro, con un índice de refracción de 1.468 nD,

un valor de saponificación de 168.28 mg de KOH/g de muestra, un índice de ácidos grasos libres como ácido oleico de 0.1316, un índice de yodo de 87.09 yodo/ g y índice de saponificación de 168.28, esto presenta el porcentaje promedio de los ésteres metílicos de los principales ácidos grasos que constituyen el AAG.

En ella se puede observar el predominio de los ácidos grasos insaturados que aportan el 68.5 % principalmente los ácidos oleico, linoleico y palmitoleico. Los ácidos grasos saturados están presentes en un 31.5 % principalmente los ácidos palmítico y esteárico, esta composición explica el que el aceite de almendras de guanábana permanezca líquido a temperaturas inferiores a las ambientales de los países tropicales. Los resultados de estas determinaciones se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3.3. Análisis de cromatográfico de gases.

Análisis físico- químicos	Valor promedio
Índice de saponificación	168.28 de KOH/g muestra
Índice de Acidez	0.1316 ácido oleico/g muestra
Índice de peróxido	3.262 NaOH/ g muestra
Índice de Yodo	87.09 yodo/ g muestra
Índice de refracción	1.468 nD

La tabla presenta el porcentaje promedio de los ésteres metílicos de los principales ácidos grasos que constituyen el AAG. En ella se puede observar el predominio de los ácidos grasos insaturados que aportan el 68.5 % principalmente los ácidos: oleico, linoleico y palmitoleico.

Los ácidos grasos saturados están presentes en un 31.5 % principalmente los ácidos palmítico y esteárico. Esta composición explica el que el aceite de almendras de guanábana permanezca líquido a temperaturas inferiores a las ambientales de los países tropicales.

IV. DISEÑO METODOLOGICO

4.1. Procesamiento de la semilla de *Annona muricata* L. Antes de la extracción

4.2. Proceso recepción de las semillas de guanábana

El proceso comienza desde la compra del fruto en el departamento de Masaya, a los cuales se le extrae las semillas de guanábana y luego se recepcionó la materia prima que entra al laboratorio para ser almacenada paso a paso (ver figura 10.6), para mantener el producto en óptimas condiciones se almacenaron las semillas en un recipiente hermético y alejado de la humedad.

4.3. Proceso de selección de las semillas de guanábana

La selección se realizó de manera manual. Los criterios de selección fueron, separar todas las semillas que no presentaron uniformidad en cuanto a forma, tamaño (15mm) y presencia de daño mecánico o microbiano (ver figura 10.7), la materia que no cumplió los parámetros deseados se desechó.

4.4. Proceso de lavado de las semillas de guanábana

El proceso de lavado se realizó con agua que contenía hipoclorito de sodio diluido, El objetivo era eliminar la suciedad de las semillas para liberarla de impurezas y otros contaminantes.

4.5. Proceso de secado de las semillas de guanábana

El proceso de secado del material, se realizó por secado natural al aire libre colocando las semillas sobre láminas de zinc, las cuales estaban sobre unas mesas. Este proceso se realiza a temperaturas ambiente que ronda los 24°C y 30°C por seis horas, puesto que algunos microorganismos vivos necesitan temperaturas moderadas para eliminarse.

4.6. Proceso de pesado de las semillas de guanábana

El pesado es una parte que generalmente constituye el punto de partida de todo proceso de producción de alimentos, se realizó con el objetivo de pesar las muestras de 50g y 200g de semillas (ver figuras 10.9 Y 10.10), a utilizar en cada una de las muestras experimentales.

4.7. Proceso de reducción de tamaño de las semillas de guanábana

El triturado es la reducción física de las semillas de guanábana, se realizó con ayuda de un molino de disco manual, dado que las semillas tenían cierta dureza en la parte externa, luego se separó con un equipo de tamices hasta conseguir el tamaño de 2.36 mm (ver figura 10.3).

4.8. Método de extracción Soxhlet.

En este método se procedió a pesar las semillas de guanábana trituradas en la balanza electrónica (ver figuras 10.8 y 10.9) y se midió la cantidad del disolvente.

Se colocaron 400 ml de hexano en el balón de fondo redondo de 500 ml, se realizaron cuatro muestras experimentales por cada tratamiento (cuatro sin triturar y cuatro triturado). Se introdujeron 50g de semillas de guanábanas en el cartucho poroso de celulosa que va en el interior de la cámara Soxhlet, en base a la capacidad de la cámara Soxhlet calentándose hasta 69°C de temperatura, iniciando de esta manera la extracción con el equipo Soxhlet (ver figura 10.1).

En el momento en que la cámara de extracción se llena con el disolvente y llega a la parte superior del sifón, el disolvente drena hacia el matraz. Este proceso se repitió continuamente de tal manera que cada vez se extrajo mayor cantidad del aceite.

El número de descargas del extracto puede variar en función de la cantidad y calidad de la muestra. Se dio seguimiento conforme el tiempo establecido de 4 horas, cuando se cumplió el tiempo, se dio por terminada la extracción.

Cuando se finalizó, el proceso de extracción, se desmontó el equipo para su limpieza y se procedió a separar con el equipo rota vapor (ver figura 10.4), a la mezcla binaria aceite-disolvente que se obtuvo en la extracción, se le reguló la presión manométrica en el interior del equipo rota vapor para lograr la ebullición del disolvente a 40 °C.

Cuando finalizó la separación se pesó la cantidad de aceite obtenido en el balón del 100 ml que se colocó en el rota vapor y se depositó en el frasco recolector se etiquetó todos los datos requeridos y luego se dejó en reposo en un lugar adecuado libre de contaminación.

4.9. Método de extracción con Arrastre de Vapor

En este método se realizaron cuatro muestras experimentales por cada tratamiento (cuatro sin triturar y cuatro trituradas). Se procedió a pesar 200 gr de semillas de guanábana trituradas y sin triturar (ver figura 10.10), se depositaron en uno de los balones de fondo redondo de 2000 ml luego se colocó este en uno de los trípodes.

Se midieron 1500 ml de agua destilada y se depositó en el balón de 2000 ml. Para colocarlo en el otro trípode, luego se procedió a tapar los balones con los corchos.

Se montó el sistema de arrastre con vapor (ver figura 10.2), se colocó el mechero encendido debajo del balón con agua y se calentó hasta el punto de ebullición.

Luego se procedió a separar la mezcla disolvente-aceite que se logró extraer con el arrastre con vapor, de estas mezclas se intentó extraer el aceite, agregando hexano a las mezclas colocándolas en el embudo de separación (ver figura 10.5), separando el agua por decantación y al resto se envió al equipo rota vapor para eliminar las trazas de disolvente (ver figura 10.4) y obtener el aceite.

4.10. Método del picnómetro determinación de densidad absoluta y relativa.

Según AOAC (2014), se utilizó un picnómetro de 25 ml, se lavó con alcohol etílico y después se secó con un trapo o lanilla para secarlo; posteriormente se tapó y se dejó en reposo, en la caja de la balanza y después se pesó (m) (ver figura 10.13).

A continuación, procedió a llenar el picnómetro con agua destilada asegurándonos que no forme burbuja de aire y luego se tapó el picnómetro (ver figura 10.14), se procedió a secarlo por fuera, se dejó en reposo 10 min en la caja balanza y después se pesó (m_1).

Se procedió a vaciar el picnómetro y se lavó con alcohol etílico y se secó exterior e interiormente. Se procedió a llenar y tapar el picnómetro con el aceite asegurándonos de que no forme burbuja de aire, luego permaneció en reposo 10 min en la caja balanza y después se registró el peso (m_2) (ver figura 10.12).

Se vació el contenido del picnómetro se lavó con etanol se secó con toalla desechable exterior e interiormente y se colocó en el lugar correspondiente. Según AOAC (2014), la densidad se mide así:

Ecuación 4.1. Densidad absoluta.

$$\rho_{abs} = (m_2 - m) / V_{aceite}$$

ρ_{abs} : Densidad absoluta ($\frac{g}{ml}$)

Ecuación 4.2. Densidad relativa.

$$\rho_{relativa} = \rho_{aceite} / \rho_{H_2O}$$

$\rho_{relativa}$: Densidad relativa [-]

m: Masa del picnómetro vacío. (g)

m_2 : Masa del picnómetro lleno de aceite a 24°C. (g)

4.11. Determinación del índice de acidez

Se procedió a pesar en la balanza analítica 5 g de aceite, en un Erlenmeyer de 250 ml, agregamos 10 ml de la mezcla alcohólica fenolftaleína-Éter Etílico, más 4 gotas de fenolftaleína. Se valoró, agitando continuamente, con solución etanólica de hidróxido de potasio 0.1 N para acidez inferiores a 2), hasta viraje del indicador.

Según AOAC (2014) el índice de acidez se expresa en porcentaje de ácido oleico o como índice de acidez expresado en miligramos de hidróxido de potasio por gramo de aceite o grasa.

Ecuación 4.3. Índice de acidez.

$$\text{Índice de acidez} = \frac{V_{KOH} * 56.1 * N_{KOH}}{\text{peso de la muestra} * 1.99}$$

V_{KOH} : Volumen de hidróxido de potasio en la muestra. (ml)

N_{KOH} : Normalidad de hidróxido de potasio al 0.5 N.

4.12. Determinación del índice de saponificación

Se pesó en la balanza analítica, en el matraz de 250 ml, 2 g de aceite, agregamos 50 ml de solución etanólica de hidróxido de potasio 0.5 N calentamos 15 minutos hasta llevar a ebullición, dejamos enfriar unos 30 minutos y anexamos 4 gotas de solución de fenolftaleína 1%, y valorar la solución jabonosa con la solución de ácido clorhídrico 0.5 N. Se realizó dos repeticiones en las mismas condiciones y un ensayo en blanco.

Según AOAC (2014) el índice de saponificación se expresa en miligramos de hidróxido de potasio por gramos de aceite.

Ecuación 4.4. Índice de saponificación.

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{(V_B - V_M) * N_{\text{HCl}} * 56.1}{\text{Peso de la muestra}}$$

V_B : Volumen de la muestra en blanco. (ml)

V_M : volumen de la muestra de aceite con solución etanólica. (ml)

N_{HCl} : Normalidad del ácido clorhídrico 0.5 N.

4.13. Determinación del índice de peróxido

Se tomó un matraz esmerilado, de unos 250 ml, previamente seco. Introducimos rápidamente 5 g de la muestra del aceite que se deseaba ensayar. Se realizó dos ensayos más en similares condiciones y un ensayo en blanco.

Se agregó 30 ml de la mezcla cloroformo-ácido acético en la muestra, procedimos a agitar con una varilla de vidrio por agitación y agregamos 1 ml de solución acuosa de yoduro de potasio saturada.

Tapamos el matraz con un corcho y agitamos con una varilla de vidrio durante un minuto, imprimiéndole un suave movimiento de agitación y valoramos con solución de tiosulfato de sodio 0.02 N.

Paralelamente, se efectúa un ensayo en blanco, sin aceite, que debe dar un índice nulo. Según AOAC (2014) el índice de peróxido se expresa en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra.

Ecuación 4.5. Índice de peróxido.

$$\text{Índice de peroxidos} = \frac{(V_M - V_B) * N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} * 1000}{\text{Peso de la muestra}}$$

V_B : Volumen del blanco,

V_M : Volumen de la muestra de aceite con la solución de cloroformo ácido acético.

$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$: Normalidad del tiosulfato de sodio 0.02 N.

4.14. Determinación del índice de yodo

En un matraz de 250 ml limpio y seco, se procedió a pesar 0.5 g de aceite añadimos mediante pipeta de salida rápida, 25 ml exactos del reactivo de Hanus, tapamos el matraz con un corcho, mezclamos por agitación suave con una varilla de vidrio y dejamos en reposo en la oscuridad durante una hora a 20 °C.

Añadimos 10 ml de solución de yoduro de potasio 0.1 N y 10 ml de agua destilada, utilizamos solución de almidón 1%, como indicador mezclamos con una varilla de vidrio y titulamos con solución de tiosulfato de sodio 0.1 N.

Realizamos dos ensayos más y uno en blanco en idénticas condiciones.

Según AOAC (2014). Los resultados se expresaron en gramos de yodo absorbidos por gramos de aceite.

Ecuación 4.6. Índice de yodo

$$\text{Índice de yodo} = \frac{(V_B - V_M) * N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} * 12.69}{\text{Peso de muestra}}$$

V_B : Volumen de la muestra en blanco. (ml)

V_M : Volumen de la muestra de aceite con reactivo de Hanus. (ml)

$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$: Normalidad del tiosulfato de sodio 0.1 N.

V. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. Resultados obtenidos con el método de extracción Soxhlet

En el proceso de extracción Soxhlet se obtuvieron los resultados plasmados en la tabla 5.1. Obteniendo mejores resultados de rendimiento de aceite en la semilla triturada, debido a que con tamaños reducidos se mejora el área de contacto con el disolvente, en el cual es miscible en aceite, arrastrando mejor la fracción de soluto que se deseaba obtener.

En este método se utilizó un tiempo de retención en el equipo soxhlet de 4 horas, debido a que cada sifonada dura un promedio de 12 minutos, del cual se determinó que en las primeras 6 sifonadas se obtienen la mayor cantidad de soluto y a partir de estas se empezó a agotar la fracción de soluto en el sustrato de semilla triturada. La última sifonada del proceso de extracción soxhlet salió totalmente bastante clara.

Tabla 5.1. Rendimiento de aceite por el método extracción Soxhlet.

Nº	Soxhlet 69 °C.	
	A1. Triturado (2,36 mm)	A2, sin triturar (15 mm)
1	23%	0.40%
2	22%	0.40%
3	23%	0.40%
4	22%	0.40%

5.2. Resultados obtenidos en el método de extracción arrastre con vapor de agua

En el proceso de extracción arrastre con vapor se obtuvieron los resultados plasmados en la tabla 5.2. En el método arrastre con vapor de agua ya sea con semilla triturada o sin triturar, se registraron rendimientos de aceite relativamente bajos, debido a las limitaciones del equipo, el área de contacto del vapor con la muestra fue superficial y no la envolvió completamente, se necesitaba una mayor presión de vapor saturado en el sistema, aparte que este método no es efectivo para extraer todos los ácidos grasos presentes en la muestra.

Tabla 5.2. Rendimiento de aceite de extra por arrastre con vapor de agua.

Nº	Arrastre con Vapor 100 °C.	
	A1. Triturado (2,36 mm)	A2, sin triturar (15 mm)
1	0.20%	0.02%
2	0.20%	0.02%
3	0.20%	0.02%
4	0.20%	0.02%

5.3. Análisis químico de aceite de guanábana

Se realizó una serie de análisis al aceite obtenido en el sistema Soxhlet, mediante la norma de análisis químico de la AOAC (2014).

Con el objetivo de caracterizar y conocer ciertos parámetros químicos presentes en el aceite de guanábana obtenido por el método de extracción soxhlet, se procedió a realizar una serie de análisis químicos con los siguientes resultados: índice de yodo de 24.53 gramos de yodo absorbidos por g de aceite, índice de saponificación de 217.39 mg de KOH por g de aceite, índice de acidez de 3.366 en porcentaje de ácido oleico e índice de peróxido de 1.73 miliequivalentes de peróxido por g de aceite.

Tabla 5.3. Índice de yodo

Muestra	g de muestra	ml de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0.1 N)	Índice de yodo
0	0	33.30	
1	0.5	24.90	21.32
2	0.5	23.00	26.14
3	0.5	23.00	26.14
Promedio de g de yodo absorbidos por g de aceite			24.53

Tabla 5.4. Índice de peróxido.

Muestra	g de muestra	ml de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0.02N)	índice de peróxido
0	0	0.20	
1	5	0.60	1.60
2	5	0.60	1.60
3	5	0.70	2.00
Promedio miliequivalentes de peróxido por Kg de aceite			1.73

Tabla 5.5. Índice de saponificación.

Muestra	g de muestra	ml de HCl (0.5N)	Índice de saponificación
0	0	15.8	
1	2	0.3	217.39
2	2	0.3	217.39
3	2	0.3	217.39
Promedio de mg de KOH por g de aceite			217.39

Tabla 5.6. Índice de acidez.

Muestra	g de muestra	ml de KOH (0.1 N)	índice de acidez
1	5	3	3.366
2	5	3	3.366
3	5	3	3.366
Promedio del porcentaje de ácido oleico en el aceite			3.366

5.4. Análisis físico de densidad del aceite

Al aceite obtenido mediante el método Soxhlet se le realizó una caracterización física para determinar la densidad absoluta y la densidad relativa del aceite de guanábana, obteniéndose los siguientes datos: densidad absoluta de 0.9068 g/ml y densidad relativa de 0.9095 [-],

Tabla 5.7. Análisis físicos de densidad relativa y densidad absoluta del aceite.

Picnómetro 25 ml	Muestra	Unidad de medida
Peso picnómetro vacío	19.71	g
Peso picnómetro con aceite	42.38	g
Densidad del agua	0.997	g/ml
Densidad absoluta del aceite	0.9068	g/ml
Densidad relativa del aceite	0.9095	[-]

5.5. Análisis comparativo entre los aceites obtenidos.

Tabla 5.8. Análisis fisicoquímicos comparativos

Análisis fisicoquímicos	Valor promedio AGG	Valor promedio método soxhlet
Índice de Yodo	87.09 yodo / g de muestra	24.53 mg de yodo / g de muestra
Índice de saponificación	168.28 de KOH /g de muestra	217.39 mg de KOH / g de muestra
Índice de peróxido	3.262 NaOH / g de muestra	1.73 miliequivalente de peróxido / g de muestra
Índice de Acidez	0.1316 ácido oleico / g de muestra	3.366 % de ácido oleico / g de muestra
Densidad absoluta		0,9068 g/ml
Densidad del agua		0,997 g/ml
Densidad relativa		0,9095 [-]

Se compararon dos métodos de extracción con los mismos análisis químicos para el aceite de guanábana del cual se determinó que el método por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, presenta variaciones con respecto a la extracción de aceite por el método soxhlet.

Con respecto a los resultados obtenidos en el análisis de peróxido realizado al aceite de guanábana obtenido por el método soxhlet se determinó que este fue de 1.73 miliequivalentes de peróxido por gramos de aceite y se determinó que está en el rango de aceites comestibles debido a que la NTON (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense) refleja que para que un aceite sea comestible tiene que tener como máximo 5 miliequivalentes de peróxido por kg de aceite

En comparación con el método AAG, que es de 3.262 NaOH / gramos de muestra, se puede considerar que está por debajo de los 5 miliequivalentes de peróxidos por Kg de aceite que permite la norma de Nicaragua

Según el índice de yodo realizado al aceite de guanábana por el método soxhlet, este presentó un índice de yodo de 24.53 g de yodo por g de muestra de aceite, este presentó un índice de yodo relativamente bajo lo cual demuestra que está en el rango de los aceites vegetales y que su nivel de instauración es bajo y que gracias a eso es apto para la elaboración de productos alimenticios en animales y no presenta un riesgo para la ingesta humana

En el método AAG el índice de yodo fue de 87.09 lo que demuestra que el aceite presenta un mayor grado de instauración pero que se considera dentro del rango aceptable de aceites vegetales y que no presenta riesgo para la ingesta humana, Al determinarse un índice de saponificación de 217.39 mg de KOH por gramos de aceite, se observó que este aceite tiene un peso molecular considerable a los aceites vegetales (oliva, canola, maíz etc.), tiene una buena alcalinidad por lo tanto se puede utilizar para, la elaboración de productos cosméticos como cremas, humectantes y jabones.

En el análisis de índice de saponificación por el método de AAG, se obtuvo 168.28 mg de KOH por gramos de muestra, un resultado muy similar al del método soxhlet lo que demuestra un peso molecular similar a los aceites vegetales.

Se determinó que el índice de ácidos en el aceite de guanábana obtenido por el método soxhlet es de 3.366 porcentaje de ácido oleico en el aceite, esto refleja de que el aceite está poco hidrolizado o bien que está con un cierto nivel de frescura y que el aceite no ha sufrido un deterioro considerable en su naturaleza

En comparación con el método soxhlet, el índice de acidez obtenido en el método AAG fue de 0.1316 en porcentaje de ácido oleico lo cual indica que fue mucho más bajo lo cual indica que el aceite presentó un daño mínimo por efecto de temperatura, se encuentra poco hidrolizado, con mejor nivel de frescura y no ha sufrido un deterioro considerable.

Se obtuvo una densidad absoluta de 0.9068 ml/g típica de los aceites ya que es menor a la densidad del agua y una densidad relativa de 0.9095 [-] que de igual manera nos brinda una apreciación más clara de la diferencia de las densidades entre el agua y el aceite de guanábana.

VI. CONCLUSIONES

De los dos métodos investigados en la obtención de aceite a partir de la semilla de guanábana, se obtuvo mejor rendimiento en la extracción de aceite utilizando el método soxhlet debido a la utilización del disolvente hexano que logro extraer una gran cantidad de ácidos grasos.

En el método de arrastre con vapor de agua se obtuvo cantidades muy pequeñas de aceite de guanábana debido a las limitaciones del equipo, no logramos un flujo continuo de vapor saturado y no logramos un área de mayor contacto con la muestra, por lo tanto, no se arrastró grandes cantidades del soluto deseado.

En las pruebas químicas que se realizaron a la muestra de aceite obtenido por el método soxhlet se determinó que presento, un índice de yodo de 24.53 yodo/ g de aceite, lo que significa que el nivel de instauración del aceite es menor y que se encuentra en el rango de los aceites vegetales comestibles, es apto para la elaboración de productos alimenticios en animales y no representa peligro en la salud humana

En el análisis de peróxido de 1.73 miliequivalentes de peróxido por kg de aceite, se determinó que está en el rango de aceites comestibles debido a que la NTON (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense) refleja que para que un aceite sea comestible tiene que tener como máximo 5 miliequivalentes de peróxido por kg de aceite, este nos refleja un valor de oxidación primario lo que indica que no muestra un nivel de enranciamiento, lo que significa que el aceite está en buenas condiciones.

un índice de saponificación de 217.39 mg de KOH por gramos de aceite, se observó que este aceite tiene un bajo peso molecular, considerable a los aceites vegetales (oliva, canola, maíz etc.), tiene una buena alcalinidad por lo tanto se puede utilizar para, la elaboración de productos cosméticos como cremas, humectantes y jabones.

El análisis de índice de acidez en el aceite de guanábana obtenido por el método soxhlet es de 3.366 porcentaje de ácido oleico en el aceite, esto refleja de que el aceite esta poco hidrolizado o bien que esta con un cierto nivel de frescura y que el aceite no ha sufrido un deterioro considerable en su naturaleza

En el análisis físico se determinó que cuenta con una densidad relativa de 0.9095 [-] y una densidad absoluta de 0.9068g/ml

VII. RECOMENDACIONES

Recomendamos probar semillas trituradas con diferentes diámetros para determinar cuál es el rango mas óptimo para llevar acabo la extracción del soluto (Aceite) utilizando el método soxhlet

Sugerimos que se utilicen métodos de extracción como maceración en caliente utilizando hexano o éter de petróleo, debido a que se puede utilizar una mayor cantidad de semillas trituradas, pero con la perdida de disolvente al ambiente.

Se sugiere realizar el método de extracción de aceite por prensado en frio para así obtener un aceite con mejor calidad y con menor daño térmico en sus componentes.

Consideramos pertinente realizarle un análisis cromatográfico al producto obtenido para determinar un mejor análisis de sus componentes como son ácidos grasos presentes y componentes libres.

Planteamos que para el método soxhlet se debe hacer una selección adecuada del disolvente a utilizar, preferiblemente que este tenga un punto de ebullición bajo con respecto al del aceite para facilitar su separación del soluto.

VIII. NOMENCLATURA

α :	Desviación Estándar [-]
A1	Semilla triturada
A2	Semilla sin triturar
ATP	Adenosín trifosfato
AOAC	Métodos Oficiales de Análisis
AGG	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas [-]
B1	Método Soxhlet [-]
B2	Método de Arrastre con Vapor [-]
HCl	Ácido Clorhídrico
IUPAC	Unión Internacional de Química Pura y Aplicada [-]
J	Joule (J)
KOH	Hidróxido de potasio (g)
m	Masa del picnómetro vacío (g)
m_1	Masa del picnómetro lleno de agua (g)
m_2	Masa del picnómetro lleno de aceite (g)
N	Normalidad
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Tiosulfato de Sodio (ml)
NTON	Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense
PA	Para análisis [-]
ρ_{Abs}	Densidad Absoluta (g/ml)
ρ_r	Densidad relativa [-]
$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$	Densidad del agua (g/ml)
T. R.	Tiempo relativo (min)
V_M	Volumen de la muestra (Aceite) (ml)
V_B	Volumen de la muestra del blanco (ml)

IX. BIBLIOGRAFIA

Amador Hernández, Hernández Medel y Durán Bazúa, (2010). Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de “almendra” de guanábana *Annona muricata* L, México D. F.

Álvarez, (2010). La guanábana (*annona muricata* L.) Propiedades y usos, Obtenido de http://www.fruticulturacubana.co.cu/revista/revista%20impresa/Vol.27%20No.1%202010/RCA11_27_1_%202010.pdf

Badui Dergal, (2006). Química de los alimentos. Editorial Pearson Educación. Cuarta edición. México D. F.

Calvo M, (2016). Bioquímica de los alimentos. Ácidos grasos. España. Fuente: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidosgrasos.html>

Cerón A. F. Mora y Hurtado, A. (2012). Identificación de ácidos grasos presentes en el aceite extraído a partir de semillas de guanábana (*Annona muricata*). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(1), 81-87. Obtenido de [file:///C:/Users/PC-03/Downloads/Dialnet-IdentificacionDeAcidosGrasosPresentesEnElAceiteExt-5104110%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PC-03/Downloads/Dialnet-IdentificacionDeAcidosGrasosPresentesEnElAceiteExt-5104110%20(1).pdf)

Duran Pere, (1999). Métodos oficiales de análisis grasas y aceites. PANREAC QUIMICA. S.A. Primera edición. España.

Empresa INKANAT, (2015). Revista Aceites vegetales comestibles y cosméticos. Obtenido de <http://www.inkanat.com/es/arti.asp?ref=aceites-de-vida>

Empresa R&D Equipment Company, (2016). Extracción de aceites en oleaginosas. Obtenido de <http://www.rdequipmentco.com/industries-we-serve/oilseed-processing/?lang=es>

Garcés G. Laura, (2009). Los beneficios de los aceites extraídos en frío. Obtenido de <http://www.biomanantial.com/los-beneficios-los-aceites-extraidos-frio-a-1484-es.html>

Gutiérrez H, (2012). Análisis y diseño de experimentos. Mc Graw Hill. 3^{ra}. Edición. México, D.F.

López A, (2015). Puebla, México. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/lopez_a_e/capitulo1.pdf

Martínez, (1996), Aceites esenciales, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Obtenido de <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/esencias2001b.pdf>

Moringa sin frontera, (2016), Revista Graviola-Guanábana-Ecológica-Europea. Composición química y valor nutricional del fruto. Obtenido de <http://www.graviola-guanabana-europa.com/composición-química-y-valor-nutricional-del-fruto/>

NTON (2011), Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. Alimentos y bebidas procesados grasas y aceites. Obtenido de: <https://www.ecolex.org/details/legislation/nton-03-075-07-norma-tecnica-obligatoria-nicaraguense-sobre-especificaciones-para-las-grasas-y-aceites-lex-faoc102838/>

Nutrilive S.A, (2013). Revista Mallinali, Herbolaria medica nutrición y medicamentos herbolarios. Guanábana, Graviola, Soursop-Annona Muricata. Obtenido de <http://malinalli-herbolariamedica.blogspot.com/2013/05/guanabana-graviola-soursop-annona.html>

Nutrilive S.A, (2015). Graviola o guanábana en la lucha contra el cáncer. Obtenido de <http://www.lineaysalud.com/salud/medicinas-alternativas/graviola-guanabana>

Núñez, C. E. (2008). Extracciones con equipo Soxhlet. *Obtenido el, 15*. Obtenido de <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccinconequiposoxhlet.pdf>

Ocampo, D. et al. (2007). Estudio cromatógrafo comparativo de los ácidos grasos presentes en semilla de annona chirimolia y annona muricata L. Obtenido de http://vip.ucaldas.edu.co/vector/downloads/Vector2_10.pdf

Ocon García Joaquín, (1970), Problemas de Ingeniería Química, operaciones básicas. Aguilar S.A. tomo II. Madrid, España

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (2014), Productos frescos de frutas. Fichas técnicas. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-au173s.pdf>

Otálora Vera Israel. (2012). Extracción por arrastre con vapor Importancia y aplicación. Universidad Mayor de San Simón Cochabamba-Bolivia. Obtenido de <http://es.slideshare.net/RRALO/extraccion-por-arrastre-con-vapor>

Restrepo J, (2010), Evaluación fisicoquímica de la fracción lipídica de la semilla de guanábana (Annona Muricata) y la chirimoya (Annona Chirimolia). Universidad del Valle. Cali, Colombia. Obtenido de http://revistaciencias.univalle.edu.co/volumenes/vol_14/JRestrepo.pdf

Redacción central, (2013), Nicaragua potenciara el cultivo de la guanábana. Revista La voz del sandinismo, obtenido de <http://www.lavozdelsandinismo.com/nicaragua/2013-11-11/nicaragua-potenciara-cultivo-de-la-guanabana/>

Ruiz Fúnez, (2011), Determinación del contenido graso de leche en polvo: extracción soxhlet. España. Obtenido de https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP5_0405.pdf

Soplín Trigoso Hilda, (2015), Propagación botánica de Annona muricata L. guanábana bajo cuatro sustratos en Iquitos-Perú. Obtenido de <http://dspace.unapiquitos.edu.pe/bitstream/unapiquitos/354/1/TESIS%20HILDA%20SOPLIN%20-%20GUANABANA.pdf>

The Scientific Association Dedicated to Analytical Excellence AOAC (2014), Análisis de aceites y grasas comestibles, Obtenido de: <http://www.usc.es/caa/MetAnalisisStgo1/4%20GRASAS%2059%20PARAMETRO S.pdf>

Zumbado F. Héctor, (2002), Análisis químico de los alimentos: Métodos Clásicos. Editorial Universitaria, Universidad de la Habana, Instituto de Farmacia y Alimentos. Habana, Cuba.

X. ANEXO

Fotos de Materiales, mediciones experimentales y equipos utilizados.



Figura 10.1 Equipo de extracción soxhlet



Figura 10.2 Arrastre con vapor de agua



Figura 10.3 Equipo de tamizado



Figura 10.4 Equipo rotavapor



Figura 10.5 Embudo decantador



Figura 10. 6 Semillas de guanábana



Figura 10.7 Tamaño de semilla entera

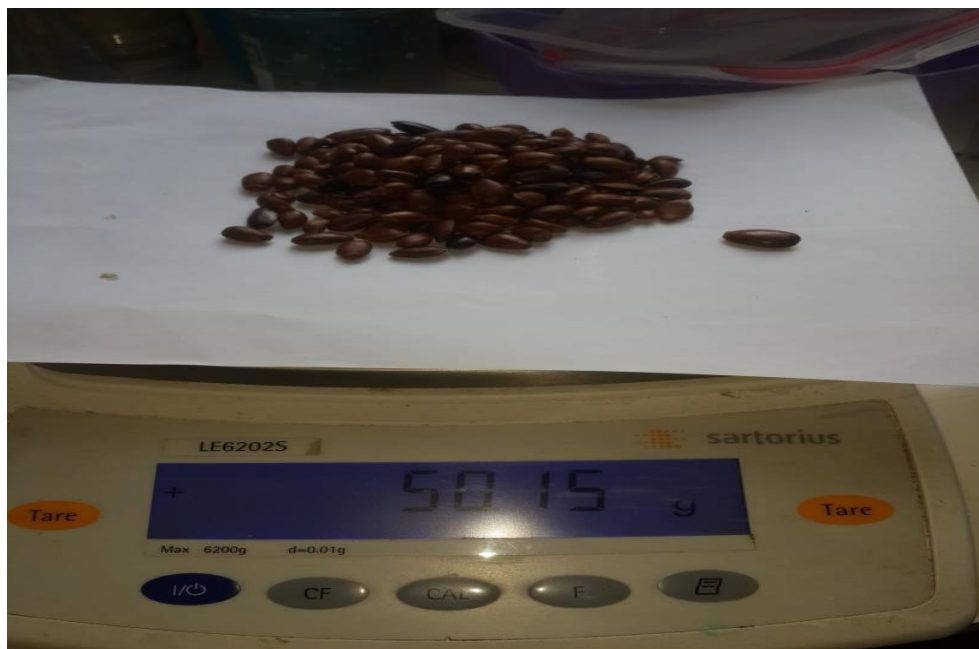


Figura 10.8 Peso de semilla entera



Figura 10.9 Peso de 50 gr de semilla



Figura 10.10 peso de 200 gr de semilla

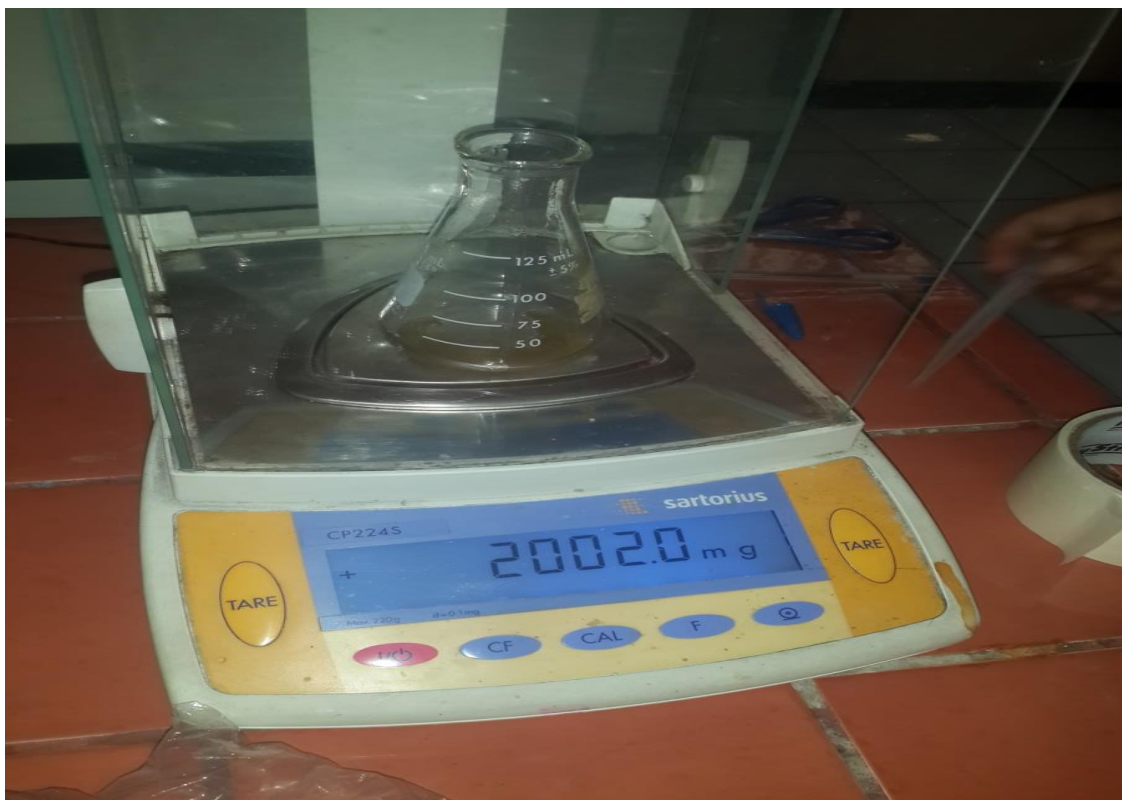


Figura 10.11 Peso de 2 gr de aceite



Figura 10.12 Picnómetro con aceite



Figura 10.13 peso picnómetro vacío



Figura 10.14 peso picnómetro con agua